

AE를 이용한 회전기계 상태감시에서 피로균열진전시 발생하는 신호의 파형평가

Waveform evaluation of AE signal caused by fatigue crack growth using the Acoustic Emission in the condition of rotating machine

최병근† · 김재구* · 구동식* · 박원조**

Byeong-Keun Choi†, Jae-Gu Kim*, Dong-Sik Gu*, and Won-Jo Park**

1. 서 론

AE는 다른 비파괴 검사 방법과 달리 구조물의 결함이 가동 상태에서 성장할 가능성이 있는 것을 검출 할 수 있고, 연속 감시가 가능하다는 장점으로 인하여 대형 구조물의 안전성 평가에 널리 응용되고 있다. 이러한 장점 때문에 AE를 사용한 피로균열진전에 대한 평가가 많이 실시되어져 왔다.

따라서 본 연구에서는 회전기계의 균열에 대한 파형을 분석하기 위해 회전기계 중 하나인 자동차용 캠 샤프트 재료 0.53% 탄소강을 고주파 유도경화 열처리를 행하였다. 피로균열진전 시험시 균열진전에 대해 단계를 나누어 각 단계마다 나타나는 파형의 특징을 분석하며 상태감시를 위한 자료를 제공하고, 회전기계 운전 중 균열 발생 시 파형의 특징을 파악함에 목적을 두고 있다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 실험재료 및 실험방법

본 실험에 사용된 재료는 기계구조용 탄소강재료 비교적 널리 사용되는 SM53C 강으로 KS규격 D 3752에 규정된 고급 탄소강의 일종이다. 고주파 유도가열 된 경화층 깊이 1mm의 시험편 및 베이스 시험편에 피로균열진전 시험전 피로예비균열(Precrack) 삽입은 응력비 R=0.1에 따라 10Hz 정현파의 주파수에서 3mm를 삽입하였다. 우선 피로예비균열을 준 이유는 시험편의 균열진행방향을 미리 예측할 수 있기 때문이다. 피로균열진전실험은 15kN에서 응력비 R=0.1에 따라 10Hz 정현파의 주파수에서 Servo hydraulic test system 시험기를 사용하여 대기중에서 수행하였다. 하드웨어 세팅은 Table 1에서 보여주며, AE신호

저장은 Time based trigger로 30초마다 신호를 저장하는 형태로 하였다.



Fig. 1 Transducer location of fatigue crack growth test

Table 1 Parameters setting of AE testing

Parameter type	Hardware Setup Value
Threshold Value	30 dB
Preamplifier	40 dB
Peak Definition Time (PDT)	300 μ s
Hit Definition Time (HDT)	600 μ s
Hit Lockout Time (HLT)	1000 μ s
Sample Rate	5MSPS
Pre-Trigger	100 μ s
Hit Length	2km(40 μ s)
Filter on Board (Low)	1kHz
Filter on Board (High)	2MHz

또한, Ansys Workbench를 사용하여 해당 시험편을 Free-Free 상태에서 5가지 Case로 나누어 모달 해석을 수행하였다.

- Case 1 = No_crack
- Case 2 = Crack_0.663mm (1단계)
- Case 3 = Crack_1.924mm (2단계)
- Case 4 = Crack_6.437mm (3단계)
- Case 5 = Crack_18.5mm (찢어짐 직전)

† 최병근; 경상대학교 에너지기계공학과
E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr
Tel : (055) 640-3186, Fax : (055) 640-3188

* 경상대학교 대학원 정밀기계공학과

** 경상대학교 에너지기계공학과

2.2 실험 결과

피로균열시험을 수행한 결과 시험편에서 사이클 증가에 따른 균열의 성장 거동을 Fig. 2에서 나타내며 균열진전속도에 의해 단계를 나타내었다. 21,940과 75,983cycle에서 단계를 나누어 총 3구간으로 단계를 나누었다. 균열 진전시 표면보다 깊이방향으로 균열의 진전이 먼저 발생하여 진전한다. 그 후 균열은 표면에서도 발생하여 진전하게 되는데 균열 진전 과정에서 검출된 AE신호를 cycle에 따른 균열진전 속도를 영역별로 구분하여 분류된 과정을 분석하였다.

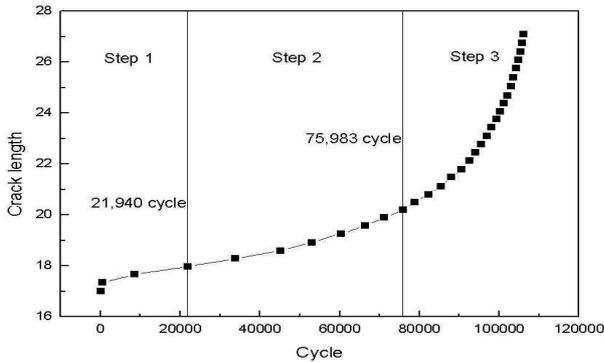


Fig. 2 The relationship of cycle and crack length

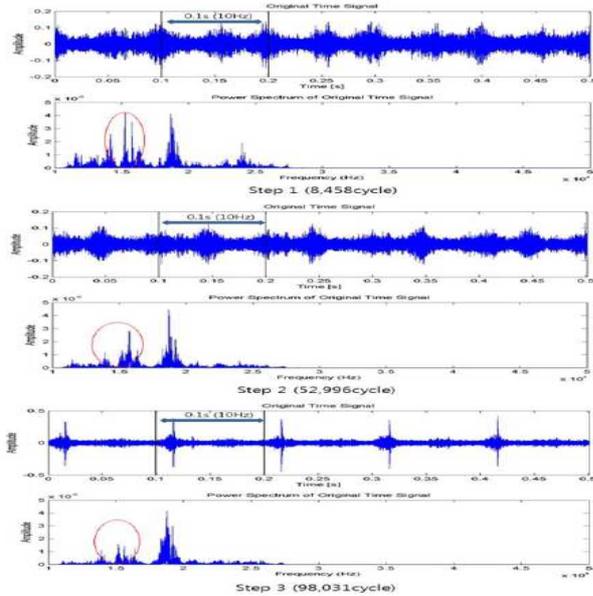


Fig. 3 Step by step characteristic of the signal

Fig. 3은 실험에서 얻어진 AE 타임신호와 파워스펙트럼을 각 단계별로 특징을 나타내었다. Step 1에서는 15kHz와 18kHz에서 진폭 값이 크게 나타났으며, Step 2에서는 Step 1과 비슷한 경향을 보이긴 했으나 15kHz의 진폭 값이 줄어드는 것을 알 수가 있었다. 그리고 15kHz와 18kHz 이외의 구간에서는 값이 현저히 줄어든 것을 볼 수가 있다.

Table 2 Analysis result data (단위 : Hz)

	case1	case2	case3	case4	case5
10차모드	14,997	14,948	14,896	14,543	13,044
11차모드	15,217	15,161	15,034	14,773	14,252
12차모드	19,957	19,883	19,641	18,431	14,986
13차모드	21,908	21,895	21,865	21,435	18,300
14차모드	22,792	22,700	22,478	21,687	20,648

Step 3에서는 18kHz에서만 진폭 값이 높게 나타나는 것을 알 수가 있다. 또한 타임신호를 보면 10Hz로 설정하여 실험하였기 때문에 0.1초 간격으로 주기가 나타나는 것을 알 수가 있다. 하지만 Step 1에서는 신호의 주기가 불규칙하게 나타나며, Step 2에서는 Step 1보다는 규칙적으로 주기가 나타남을 알 수가 있다. 반면에 Step 3은 신호의 주기가 규칙적으로 나타났으며 신호의 크기 또한 크게 나타나는 것을 알 수가 있었다.

해석결과와 실험결과를 비교해 보았을 때 15kHz 성분이 시험편의 고유진동수로 사료되며, crack이 진전 할수록 고유진동수가 줄어드는데 이것은 시험편의 강성이 줄어들면서 고유진동수도 줄어드는 것으로 사료된다. 그리고 crack이 진전하면서 나타나는 시간파형의 변화는 마멸에 따른 기계적 느슨함이 발생할 경우의 시간파형과 비슷한 유형으로 나타나는데 즉, crack 이 생김으로 인해 시험편의 강성이 줄어들면서 시간파형 유형이 3번째 단계처럼 나타나는 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 실험에서는 균열진전 영역을 균열의 속도와 형태를 기준으로 하여 파형을 3 단계로 나누고 분석하였다. 첫 번째 단계에서는 15kHz와 18kHz에서 진폭 값이 높게 나타났으며, 두 번째 단계에서는 균열 진전이 증가하여 강성이 줄어 고유진동수인 15kHz의 진폭 값이 현저히 줄어들었다. 세 번째 단계에서는 균열진전보다는 찢어짐이 두드러지게 나타나며 18kHz에서만 진폭 값이 그대로 유지되며 15kHz의 진폭 값은 현저히 감소되었다.

이러한 특징들을 분석하였을 때 각 구간마다 나타나는 파형의 특징으로 실제 회전기기의 상태감시에 적용하였을 때 회전기기의 균열시 신호의 특징으로 얼마나 균열이 진전되었는가를 시전에 알아낼 수 있으며, 다른 분야에서도 기초 자료로 사용할 수가 있다.

후 기

본 연구는 경상대학교 2단계 BK21사업으로 수행된 연구 결과이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.